

ния, вызывающего в свою очередь обратный поток. С течением времени эти потоки станут равными и система придет в равновесное состояние [1].

Интерес представляют установление в системе распределений температуры, давления, числовой плотности и скорости потока газа с течением времени в свободномолекулярном режиме.

Для решения поставленной задачи применяется метод прямого статистического моделирования Монте-Карло без учета межчастичных столкновений [2]. Модель представлена двумя зонами: левой и правой. Обе зоны имеют форму цилиндра с радиусом равным $(2 \div 10)R_0$, где R_0 – радиус отверстия в перегородке между зонами 1 и 2. Зоны разбиваются на ячейки, в которых располагаются модельные частицы. Каждая модельная частица соответствует определенному количеству молекул газа. Перед началом моделирования задаются: шаг по времени, количество ячеек, количество частиц, задается ε – доля диффузно рассеянных частиц для определения закона рассеяния на перегородке, T_1, P_1, T_2, P_2 . Для генерации начальных скоростей частиц используется максвелловский закон распределения по скоростям с граничными значениями равновесных числовых плотностей и температур.

1. Саксаганский Г.Л., Молекулярные потоки в сложных вакуумных структурах, Атомиздат (1980).
2. Берд Г., Молекулярная газовая динамика, Мир (1981).

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ В МИКРОКАНАЛАХ С УЧЕТОМ ШЕРОХОВАТОЙ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ

Кузнецов М.А.^{*}, Породнов Б.Т.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: maxbsp@mail.ru

NUMERICAL SMILATIONS OF GAS FLOWS CONSIDERING SURFACE ROUGH STRUCTURE

Kuznetsov M.A.^{*}, Porodnov B.T.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In this paper we numerically simulated the motion of gas particles inside the cylindrical and rectangular channels considering the influence of micro-rough surface. Simulation was performed with two methods: the method of the test particle and the method of direct statistical simulation.

Задача расчета параметров течений внутри каналов в свободномолекулярном и промежуточном режимах до сих пор не имеет полного решения, в то вре-

мя, как её актуальность достаточно высока. Решение этой задачи могло бы открыть новые возможности науки и техники при создании систем охлаждения и в области передачи тепловой энергии, при проектировании микроэлектромеханических систем (MEMS) и приборов точного измерения давления и температуры.

В данной работе численно моделируется движение газовых частиц внутри цилиндрических и прямоугольных каналов с учетом влияния микрошероховатой поверхности. Моделирование производилось двумя методами: методом пробной частицы и методом прямого статистического моделирования (далее МПСМ).

Метод пробной частицы использовался для получения результатов вероятности прохождения частиц через микроканал без учета взаимодействия частиц друг с другом. Данный метод менее требователен к вычислительным ресурсам, и позволяет получить большую выборку на длинных каналах при достаточно больших числах Кнудсена ($Kn \gg 10$).

МПСМ использовался для расчета течения газа с учетом межмолекулярных столкновений. Для расчета столкновений использовался метод счетчика по времени [1]. Результаты МПСМ сравниваются с результатами, полученными методом пробной частицы. МПСМ позволит в дальнейшем получить распределения давлений, скоростей и температуры по каналу.

В работе были использованы данные атомно-силовой микроскопии реального кремниевого образца размером (20×20) мкм (с базой данных по $N = 400 \times 400 = 1,6 \cdot 10^5$ измерений высоты) с высотой микронеровностей от нескольких до ~ 2000 нм.

В качестве характеристики шероховатости канала использовалась относительная высота микронеровности $\bar{h}_R = \bar{h} / R$, где \bar{h} - средняя высота неровностей образца, R - радиус цилиндрического канала.

Для расчета точки столкновения частицы с элементом поверхности использовался специализированный алгоритм, позволивший существенно (в десятки и сотни раз) сократить потребности в оперативной памяти и уменьшить затраты машинного времени на два порядка. В каждом численном эксперименте для определения вероятности прохождения $w(L, \bar{h}_R, \varepsilon)$ частицы использовалось не менее 10^6 пробных частиц.

Методом пробной частицы были получены вероятности прохождения w частиц газа в свободномолекулярном режиме, без учета столкновений через цилиндрические каналы. С использованием МПСМ были получены вероятности прохождения для цилиндрических каналов с различной относительной длиной L , относительной шероховатостью стенок \bar{h} и долей ε диффузно-зеркального рассеяния частиц на стенке. Полученные данные согласуются с соответствующими данными для цилиндрических каналов, полученными аналитически [2] в пределах погрешности 5%. Дальнейшее усовершенствование расчетной программы позволит получить профили макроскопической скорости, температуры и давления потока.

1. Берд Г., Молекулярная газовая динамика, Мир (1981).
2. Саксаганский Г.Л., Молекулярные потоки в сложных вакуумных структурах, Атомиздат (1980).

ПРОТОТИП УСТРОЙСТВА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЛЕДЯНЫХ ПЛАСТИНОК

Федосов Е.А.^{1*}, Гольдштейн С.Л.¹, Диомидов И.А.²

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²⁾ ГБУЗ СО ДКБВЛ НПЦ «Бонум», г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: YegorF2010@mail.ru

В качестве прототипа устройства приготовления пластинок льда (УППЛ) взята компиляция. Системно-структурная модель на (рис. 1.) отражает развитие системы за счет введения новой подсистемы 7 и модернизации двух существующих подсистем 4 и 5 (подсистемы: 1 – холодильная установка [1], 2 – холодильная камера [2], 3 – контейнер для пластин [3], 4 – приемные резервуары [4], 5 – управления, 7 – формовочная, 6,8 - интерфейсов).

Формовочная подсистема предлагается нами в составе инструментов: полиэтилен мягкий, полиэтилен твердый, клейкая лента, резак, проволока разнодиаметровая, штангенциркуль, маркер.

УППЛ функционирует по следующему алгоритму. На входе – ситуация с неизвестной формой для льда и запрос на развитие УППЛ. Затем открываются циклы по задачам и ресурсам. Начинается последовательная работа блоков (подсистем) [1-4] прототипа. Параллельно подключается подсистема 7 и 8. При этом параллелизм поддерживается блоком 5. После закрытия циклов на выходе фиксируют результаты, отчетность и опыт.

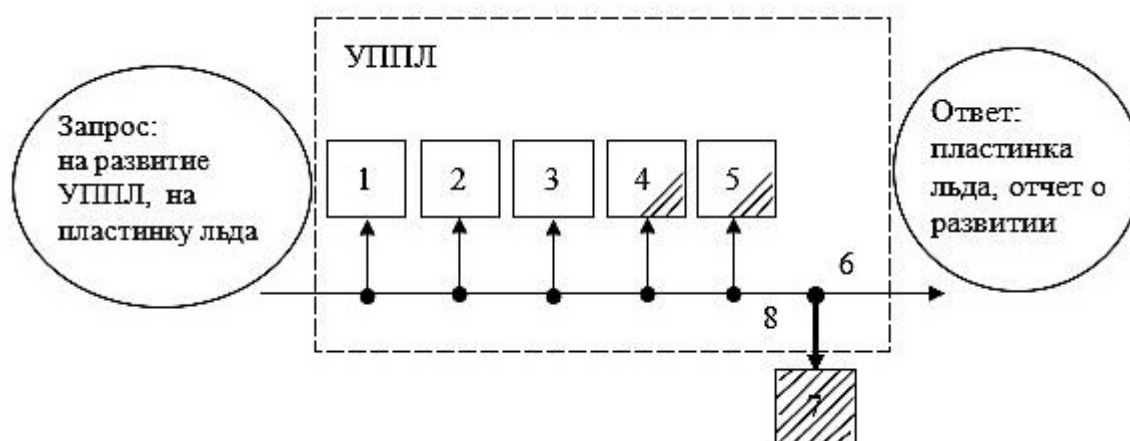


Рис. 1. Системно-структурная модель УППЛ по компилятивному прототипу [1-5] и предлагаемому решению: фон, уголки, жирная стрелка.